

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. November 2004 (18.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/098967 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B60T 13/66**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004810

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. Mai 2004 (06.05.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 20 608.6 8. Mai 2003 (08.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KNORR-BREMSE SYSTEME FÜR NUTZFAHRZEUGE GMBH** [DE/DE]; Moosacher Strasse 80, 80809 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GERUM, Eduard** [DE/DE]; Hirschgartenstrasse 1, 83026 Rosenheim (DE).

**BROCH, Walter** [DE/DE]; Eberhardstrasse 9, 71679 Asperg (DE). **CSÁK, Bence** [HU/HU]; Sasfiók u. 5, H-1124 Budapest (HU). **GIANONE, László** [HU/HU]; Bakony u. 16-18, H-1118 Budapest (HU).

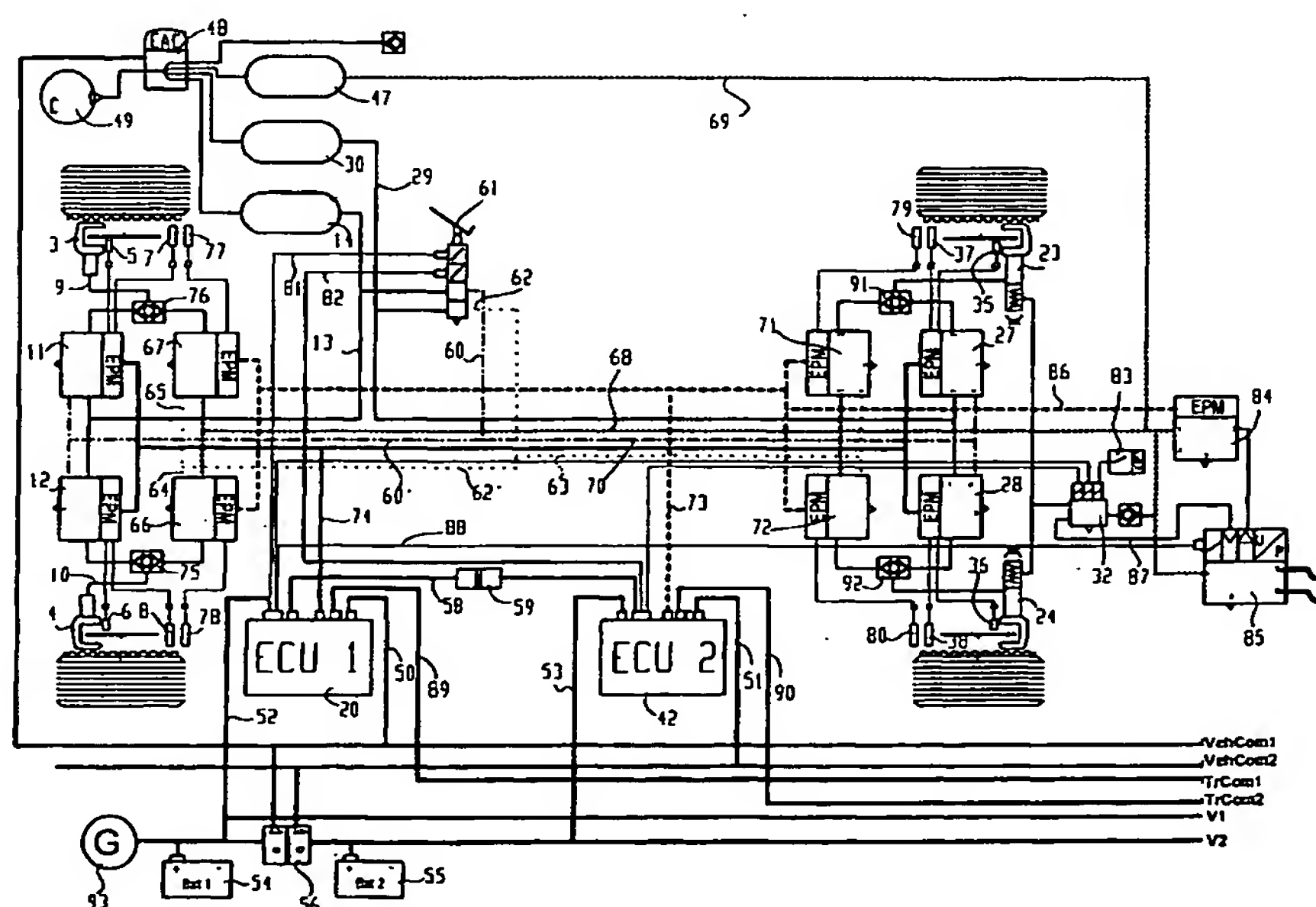
(74) **Anwalt: SCHÖNMANN, Kurt**; Knorr-Bremse AG, Patentabteilung V/RG, Moosacher Strasse 80, 80809 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** BRAKING SYSTEMS FOR VEHICLES, IN PARTICULAR UTILITY VEHICLES, COMPRISING AT LEAST TWO SEPARATE ELECTRONIC BRAKING CONTROL CIRCUITS

(54) **Bezeichnung:** BREMSANLAGE FÜR FAHRZEUGE, INSBESONDERE NUTZFAHRZEUGE MIT MINDESTENS ZWEI SEPARATEN ELEKTRONISCHEN BREMSSTEUERKREISEN



(57) **Abstract:** The invention concerns a braking system comprising at least two electric or electronic control braking circuits, galvanically isolated from each other.

(57) **Zusammenfassung:** Die Bremsanlage weist mindestens zwei elektrische bzw. elektronische Bremssteuerkreise auf, die galvanisch voneinander getrennt sind.



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Bremsanlage für Fahrzeuge, insbesondere  
Nutzfahrzeuge mit mindestens zwei separaten  
elektronischen Bremssteuerkreisen

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bremsanlage für Fahrzeuge gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Aus der DE 199 04 721 A1 ist eine elektromechanisch betätigte Fahrzeugbremsanlage bekannt, die elektrische Bremssteuerkreise aufweist, nämlich einen für die Bremsen der Vorderachse und einen für die Bremsen der Hinterachse. Die beiden Steuerkreise weisen jeweils eine eigene Stromversorgung und eine eigene elektronische Steuereinheit auf, die elektrisch mit einem Bremspedal verbunden sind. Beide Steuereinheiten arbeiten unabhängig voneinander, können jedoch miteinander kommunizieren und dadurch Fehler in einer Steuereinheit erkennen. Ein Fehler gilt dann als vorhanden, wenn die beiden Steuereinheiten aus denselben Sensor-Eingangssignalen unterschiedliche Steuersignale ermitteln. Im Fehlerfalle werden beide Steuereinheiten deaktiviert, und die Bremsen werden dann von den einzelnen Rädern zugeordneten dezentralen Steuereinheiten, die nur einfache Grundfunktionen ausführen können, gesteuert.

Moderne Nutzfahrzeugbremsanlagen weisen eine zweikreisige pneumatische Steuerung und eine elektronische Bremssteuerung auf, was eine schnellere Signalübertragung ermöglicht und das Ansprechverhalten der Bremsanlage verbessert. Ferner sind die Kosten elektromechanischer Steuerkomponenten häufig geringer als die Kosten pneumatischer Steuerkomponenten. Ein weiterer Vorteil ist der geringere Montageaufwand. Heutzutage üblich sind insbesondere elektropneumatische

Bremsanlagen, bei denen die Bremskraft durch Druckluft aufgebracht wird, die Bremssteuerung hingegen elektronisch erfolgt. Ein wesentliches "Gütekriterium" elektrischer bzw. elektronischer Bremssteuerungen ist ihre Stör- bzw. Ausfallsicherheit.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine elektrisch ansteuerbare Bremsanlage mit erhöhter Ausfall- bzw. Störsicherheit zu schaffen, die insbesondere auch höhere Funktionen, wie ABS, ASR, EBS usw., ausführen kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Das Grundprinzip der Erfindung besteht in einer Bremsanlage mit mindestens zwei oder mehreren elektrischen bzw. elektronischen Bremssteuersystemen, wobei einzelne Bremsaktuatoren oder Gruppen von Bremsaktuatoren verschiedenen Bremssteuersystemen zugeordnet sind, und zwar derart, daß es Bremsaktuatoren gibt, die von mehreren Bremssteuersystemen ansteuerbar sind.

Bei Ausfall bzw. Störung eines Bremssteuersystems wird die Steuerung an "kritischen" Rädern sofort von einem anderen Bremssteuersystem übernommen.

Vorzugsweise sind die einzelnen Bremssteuersysteme so voneinander getrennt, daß eine Störung in einem der Bremssteuersysteme sich nicht auf das bzw. die anderen Bremssteuersysteme auswirkt. Vorzugsweise sind die einzelnen Bremssteuersysteme galvanisch voneinander getrennt.

Vorzugsweise kommunizieren die einzelnen Bremssteuersysteme trotz ihrer Trennung miteinander, um eine schnelle Übernahme der Bremssteuerfunktion durch ein anderes Bremssteuersystem zu ermöglichen, Bremsaktivitäten von Bremsaktuatoren, die

von verschiedenen Bremssteuersystemen angesteuert werden, zu koordinieren und gelernte Parameter auszutauschen.

Bei den Bremsaktuatoren, die durch die elektronischen Bremssteuersysteme angesteuert werden, handelt es sich vorzugsweise um "pneumatische Bremsaktuatoren", d.h. bei denen die Bremskraft pneumatisch aufgebracht wird. Bei derzeit verfügbaren elektrisch betätigten Bremsaktuatoren ist nämlich noch kein zufriedenstellender bzw. ausreichender Bremskraftaufbau möglich.

Vorzugsweise ist das Bremssystem so aufgebaut, daß eine "einfache" Umstellung von den heutzutage verwendeten elektropneumatischen Bremskomponenten auf rein elektrisch gesteuerte Komponenten möglich ist.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung weisen die Steuerkreise jeweils eine eigene Steuerelektronik und eine eigene Stromversorgung auf. Die elektrischen Steuerkreise steuern elektropneumatische Druckregelmodule an, zu deren Versorgung mit Bremsdruck mindestens zwei pneumatische Versorgungskreise vorgesehen sind.

Die Bremskreise können in verschiedener Weise auf einzelne Fahrzeugbremsen aufgeteilt werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, einer Fahrzeugachse bzw. einer Achsgruppe einen Bremskreis zuzuordnen. Vorzugsweise weist jeder Bremskreis einen eigenen Steuerkreis und einen eigenen Versorgungskreis auf, d.h. ein Versorgungskreis und ein Steuerkreis ist dann ausschließlich einem Bremskreis zugeordnet.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen ersten Bremskreis vorzusehen, der die Funktion eines Betriebsbremskreises hat, und einen zweiten Bremskreis, der die Funktion des Betriebsbremskreises übernimmt, wobei die Bremsungen zwischen

den Bremskreisen gleichmäßig wechselnd aufgeteilt werden. Der nicht aktive Bremskreis wird in diesem Zustand jeweils auf Fehler geprüft. Bei Ausfall eines Bremskreises werden die Funktionen sofort von dem anderen übernommen und ausgeführt, wobei weitere Wechsel erfolgen, eine fehlerhafte Funktion jedoch von einer redundanten fehlerfreien ausgeführt wird. Für jeden Bremskreis ist jeweils eine eigene Steuer elektronik vorgesehen, die über eine Kommunikationsleitung mit den anderen galvanisch getrennt miteinander kommunizieren können. Vorzugsweise weist der Betriebsbremskreis zwei separate Unterversorgungskreise auf, die jeweils an einen eigenen zugeordneten Druckmittelspeicher angeschlossen sind. Der erste Unterversorgungskreis ist beispielsweise zur Druckbeaufschlagung von Druckregelmodulen einer Vorderachse und der andere Unterversorgungskreis zur Druckbeaufschlagung von Druckregelmodulen einer Hinterachse vorgesehen. Der zweite Bremskreis weist ebenfalls einen eigenen Druckmittelspeicher auf.

Im folgenden wird die Erfindung im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung;
- Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung;
- Fig. 3 ein Prinzipschaltbild der Energieversorgung der beiden Bremssteuerkreise;
- Fig. 4 ein schematisches Ausführungsbeispiel eines Feststellbremsventils; und
- Fig. 5 eine schematische Darstellung vernetzter elektronischer Steuersysteme.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine elektropneumatische Fahrzeugbremsanlage. Vorderrädern 1, 2 sind jeweils ein Bremszylinder 3, 4, ein Bremsbelagverschleißsensor 5, 6 sowie ein Raddrehzahlsensor 7, 8 zugeordnet. Die Bremszy-



linder 3, 4 werden über pneumatische Leitungen 9, 10 von zugeordneten elektropneumatischen Druckregelmodulen 11, 12 (EPM) mit Bremsdruck beaufschlagt. Die beiden Druckregelmodule 11, 12 sind hier über eine gemeinsame Versorgungsleitung 13 mit einem ersten der Vorderachse zugeordneten Druckluftspeicher 14 verbunden. Die Bremsbelagverschleißsensoren 5, 6 und die Raddrehzahlsensoren 7, 8 sind jeweils über elektrische Leitungen 15, 16 mit Signaleingängen der Druckregelmodule 11, 12 verbunden. Die Druckregelmodule 11, 12 weisen ferner jeweils einen elektrischen Steuereingang 17, 18 auf, die über hier nur schematisch dargestellte elektrische Leitungen 19 mit einer ersten Steuerelektronik 20 verbunden sind. Die Steuerelektronik 20 übernimmt hier also die Bremssteuerung der Vorderradbrem sen.

Hinterrädern 21, 22 sind jeweils ein Federspeicherbremszylinder 23, 24 zugeordnet, die über pneumatische Bremsleitungen 25, 26 mit zugeordneten Druckregelmodulen 27, 28 verbunden sind, welche über eine Versorgungsleitung 29 mit einem zweiten Druckluftspeicher 30 verbunden sind. Die Federspeicherbremszylinder 23, 24 sind ferner für eine gemeinsame Druckluftleitung 31 mit einem elektrisch ansteuerbaren Feststellventil 32 verbunden.

Die Druckregelmodule 27, 28 sind entsprechend der Vorderachse über elektrische Leitungen 33, 34 mit zugeordneten Bremsbelagverschleißsensoren 35, 36 sowie Raddrehzahlsensoren 37, 38 verbunden. Die Druckregelmodule 27, 28 weisen Steuereingänge 39, 40 auf, die über hier nur schematisch dargestellte elektrische Leitungen 41 mit einer zweiten Steuerelektronik 42 verbunden sind, die hier die Bremsen der Fahrzeughinterachse ansteuert.

Das Feststellbremsventil 32, welches detailliert in Fig. 4 gezeigt und darunter beschrieben wird, ist über eine elektrische Steuerleitung 43 mit der ersten Steuerelektronik 20 und über eine elektrische Steuerleitung 44 mit der zweiten

Steuerelektronik 42 verbunden. Ferner führt vom Feststellbremsventil 32 über ein Rückschlagventil 45 eine pneumatische Leitung 46 zu einem dritten Druckmittelspeicher 47. Die drei Druckmittelspeicher 14, 30 und 47 sind jeweils an eine gemeinsame Druckverteilungseinrichtung 48 angeschlossen, die von einer Druckerzeugungseinrichtung 49 (Kompressor) gespeist wird.

Die beiden Steuerelektroniken 20, 42 sind über elektrische Leitungen 50, 51 mit einem zugeordneten Bus VehCom1 bzw. VehCom2 verbunden. Über diese Busleitungen steht die Fahrzeugbremsanlage mit anderen elektrischen bzw. elektronischen Fahrzeugsystemen in Verbindung. Insbesondere wird über diese Busse ein vom Fahrer durch das Bremspedal vorgegebenes Bremsanforderungssignal den Steuerelektroniken 20, 42 zugeführt.

Die Steuerelektronik 20 ist über eine elektrische Leitung 52 mit einer Plusleitung V1 verbunden. Dementsprechend ist die Steuerelektronik 42 über eine elektrische Leitung 53 mit einer zweiten Plusleitung V2 verbunden. Die Plusleitung V1 ist an den Pluspol einer ersten Batterie 54 und die zweite Plusleitung V2 an den Pluspol einer zweiten Batterie 55 angeschlossen. Die Pluspole der beiden Batterien 54, 55 sind über eine galvanische Trennung 56 miteinander verbunden, was im Zusammenhang mit Fig. 3 noch näher erläutert wird.

Der Pluspol der Batterie 54 ist ferner über einen Gleichrichter 57 mit einem Wechselstromgenerator (Lichtmaschine) verbunden.

Die beiden Steuerelektroniken 20, 42 sind ferner über eine Kommunikationsleitung 58 und eine galvanische Trennung 59 miteinander verbunden.

Bei der Bremsanlage der Fig. 1 ist zur Verbesserung der



Ausfallsicherheit eine "doppelte elektronische Steuerung" mit zwei separaten Energieversorgungseinrichtungen vorgesehen. Wenngleich die beiden elektronischen Steuerkreise galvanisch voneinander getrennt sind, können die beiden Batterien 54, 55 einen gemeinsamen Masseanschluß haben.

Das Bremsanforderungssignal des Fahrers wird beiden Steuer-elektroniken durch elektrische Bremspedalsignale zugeführt. Mechanische Teile weisen einen ausfallsicheren Aufbau auf. Elektronische Komponenten hingegen sind doppelt vorhanden und mechanisch und galvanisch voneinander getrennt.

In Fig. 1 entspricht die "Aufteilung" der elektronischen Steuerung der "Aufteilung" der pneumatischen Versorgungskreise, d.h. die Versorgungs- und Steuerkreise sind jeweils auf Vorderachse bzw. Hinterachse aufgeteilt.

Fig. 2 zeigt einen weiter verbesserten Bremskreis, bei dem selbst bei einer Störung des "Primär-Bremskreises" sämtliche Fahrzeugbremsen betätigbar sind.

Fig. 2 zeigt eine Weiterentwicklung der Bremsanlage der Fig. 1. Auch hier weist die Bremsanlage zwei Bremskreise auf, nämlich einen ersten Bremskreis als Betriebsbremskreis (Primärkreis), der die Bremssteuerung aller Räder des Fahrzeugs und eines ggf. vorhandenen Anhängerfahrzeugs bei intakter Bremsanlage übernimmt, und einen zweiten Bremskreis (Sekundärkreis), der die Bremssteuerung aller Räder des Fahrzeugs und eines ggf. vorhandenen Anhängerfahrzeugs übernimmt, wenn der Betriebsbremskreis, also der erste Bremskreis, ausgefallen ist.

Der erste Bremskreis ist hier primär durch die Druckregelmodule 11, 12 der Vorderachse und die Druckregelmodule 27, 28 der Hinterachse gebildet. Die Druckregelmodule 11, 12 werden analog zu Fig. 1 über eine pneumatische Leitung 13 von dem ersten Druckmittelbehälter 14 mit Vorratsdruck

versorgt. Der zweite Druckmittelbehälter 30 versorgt über die pneumatische Leitung 29 die Druckregelmodule 27, 28.

Die Druckregelmodule 11, 12 sind ferner über eine pneumatische Steuerleitung 60' mit einem Steuerausgang 60 eines Fußbremsventils 61 verbunden. Die pneumatische Steuerleitung 60' ist über das Fußbremsventil 61 ebenfalls mit dem ersten Druckmittelbehälter 14 verbunden.

Der zweite Druckmittelbehälter 30 ist über das Fußbremsventil 61 mit einem Steuerausgang 62 des Fußbremsventils 61 verbunden, an den über eine Steuerleitung 62' Steuereingänge 64, 65 von Druckregelmodulen 66, 67 des zweiten Bremskreises angeschlossen sind. Die Druckregelmodule 66, 67 des zweiten Bremskreises stehen ferner über eine pneumatische Versorgungsleitung 68, 69 mit dem dritten Druckmittelbehälter 47 in Verbindung.

Die Druckregelmodule 27, 28 des Betriebsbremskreises der Hinterachse sind über eine pneumatische Steuerleitung 70 ebenfalls mit dem pneumatischen Steuerausgang 60 des Fußbremsventils 61 verbunden.

Entsprechend der Vorderachse sind auch an der Hinterachse zwei weitere Druckregelmodule 71, 72 des zweiten Bremskreises vorgesehen, die über die pneumatische Versorgungsleitung 68, 69 vom dritten Druckmittelbehälter 47 mit Druckluft versorgt werden, und welche über eine pneumatische Steuerleitung 63 ebenfalls mit dem pneumatischen Steuerausgang 62 des Fußbremsventils 61 verbunden sind. Die Druckregelmodule 66, 67, 71, 72 des zweiten Bremskreises sind über elektrische Verbindungsleitungen 73 mit der zweiten Steuerelektronik 42 verbunden. Eine andere Zuordnung der pneumatischen Steuerausgänge 60, 62 des Fußbremsventils 61 zu den Druckregelmodulen 11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72 ist selbstverständlich möglich.

Analog dazu sind die Druckregelmodule 11, 12, 27, 28 des Betriebsbremskreises über eine elektrische Leitung 74 mit der ersten Steuerelektronik 20 verbunden.

Die Druckregelmodule 11, 67 bzw. 12, 66 sind jeweils über ein zugeordnetes Hochdruckauswahlventil 75, 76 und die pneumatischen Leitungen 9, 10 mit den Bremszylindern 3, 4 verbunden.

Analog zu Fig. 1 sind an die Druckregelmodule 11, 12 des Betriebsbremskreises die Bremsbelagverschleißsensoren 5, 6 sowie die Raddrehzahlsensoren 7, 8 angeschlossen. Zusätzlich dazu sind beim Ausführungsbeispiel der Fig. 2 jeweils ein zweiter Raddrehzahlsensor 77, 78 vorgesehen, die an die Druckregelmodule 67 bzw. 66 des zweiten Bremskreises angeschlossen sind.

Analog dazu sind auch an der Hinterachse zusätzlich zu den Raddrehzahlsensoren 37, 38, die an die Druckregelmodule 27, 28 des Betriebsbremskreises angeschlossen sind, Raddrehzahlsensoren 79, 80 und Bremsbelagverschleißsensoren 35, 36 vorgesehen, die an die Druckregelmodule 71, 72 des zweiten Bremskreises angeschlossen sind.

Das Fußbremsventil 61 weist ferner elektrische Steuerausgänge auf, die zum einen über eine elektrische Leitung 81 mit der Steuerelektronik 20 und zum anderen über eine elektrische Leitung 82 mit der Steuerelektronik 42 verbunden sind. Analog zu Fig. 1 sind an die Steuerelektronik 20 und an die Steuerelektronik 42 Steuereingänge des Feststellbremsventils 32 angeschlossen, das hier zusätzlich einen weiteren manuellen Steuereingang 83 aufweist.

Zusätzlich zu Fig. 1 sind bei Fig. 2 ein weiteres Druckregelmodul 84 vorgesehen, das über eine pneumatische Steuerleitung mit einem Anhängersteuerventil 85 verbunden ist. Das Druckregelmodul 84 wird über die Vorratsleitung 69 vom dritten

Druckmittelbehälter 47 mit Vorratsdruck versorgt und steht über eine elektrische Steuerleitung 86 mit der zweiten Steuerelektronik 42 in Verbindung. Ferner ist zwischen dem Feststellbremsventil 32 und dem Anhängersteuerventil 85 eine pneumatische Steuerleitung 87 für die Feststellbremse eines Anhängerfahrzeugs vorgesehen. Das Anhängersteuerventil 85 ist ebenfalls über eine elektrische Steuerleitung 88 mit der ersten Steuerelektronik 20 verbunden.

Analog zu Fig. 1 sind die beiden Steuerelektroniken 20, 42 über die Leitungen 52, 53 mit den Pluspolen V1 bzw. V2 und über die Leitungen 50, 51 mit Busleitungen VehCom1 bzw. VehCom2 verbunden. Zusätzlich sind hier Verbindungsleitungen 89, 90 zu TrCom1 bzw. TrCom2-Anschlüssen vorgesehen, welche zu einem Anhänger führen. Die Energieversorgung über die Batterien 54, 55 entspricht Fig. 1. Im Unterschied zu Fig. 1 ist hier die Druckverteilungseinrichtung 48 ebenfalls an den VehCom1-Bus angeschlossen, welche einen fehlerhaften Druckluftversorgungskreis trennen kann und den notwendigen Systemdruck für alle anderen Kreise aufrecht erhält.

Entsprechend Fig. 1 sind die beiden Steuerelektroniken 20, 42 über die elektrische Leitung 58 und die galvanische Trennung 59 miteinander verbunden. Durch diese Kommunikation wird verhindert, daß beispielsweise ein Aktuator von verschiedenen Steuergeräten gleichzeitig angesteuert wird.

Analog zur Vorderachse sind auch an der Hinterachse die Druckregelmodule 27, 71 bzw. 28, 72 jeweils über ein Hochdruckauswahlventil 91, 92 mit Eingängen der Federspeicherbremszylinder 23, 24 verbunden.

Die Hochdruckauswahlventile (High Select) 75, 76, 91, 92 stellen sicher, daß jeweils der höhere der beiden Bremsdrücke der angeschlossenen Bremskreise zu den Bremszylindern durchgesteuert wird. Im Normalbetrieb "übersteuert" das Betriebsbremsssystem das zweite Bremssystem, wobei die Drücke im

zweiten Bremskreis etwas kleiner sind als im Betriebsbremskreis. Dies stellt eine zuverlässige Drucksteuerung sicher und ermöglicht es dem zweiten Bremskreis, seine eigene "Funktionstüchtigkeit" zu überprüfen, beispielsweise durch Druckmessung an den Ausgängen der Druckregelmodule 66, 67 bzw. 71, 72 des zweiten Bremskreises, d.h. vor den Hochdruckauswahlventilen 75, 76, 91, 92.

Vom Ausgang der Hochdruckauswahlventile 75, 76, 91, 92 sind die Ventilkomponenten nunmehr "einfach" vorhanden. Dementsprechend sind sie ausfallsicher aufgebaut.

Die oberste Ebene der elektronischen Steuerung des Bremssystems ist durch die zwei Steuerelektroniken 20, 42 (Hauptsterelektronik und zweite Steuerelektronik) realisiert. Die beiden Steuerelektroniken weisen zwei voneinander unabhängige galvanisch getrennte Kommunikationsverbindungen 58, 59 auf. Über diese "Verbindungsleitungen" können Plausibilitätskontrollen der beiden unabhängigen Kreise durchgeführt werden. Ferner können "gelernte" und momentane bzw. gemessene Bremsparameter ausgetauscht werden. Die "Haupt-ECU" (Steuerelektronik 20) übernimmt im Normalbetrieb die Steuerung aller Fahrzeugbremsen und außerdem, wenn das zweite System gestört bzw. ausgefallen ist.

Bei einem Ausfall des Hauptbremssystems übernimmt das zweite System die Bremssteuerung. Das Hauptsystem weist eine pneumatische Druckversorgung durch den Druckmittelspeicher 14 für die Vorderachse und durch den Druckmittelspeicher 30 für die Hinterachse auf und steuert die Drücke über die zugeordneten Druckregelmodule 11, 12, 27, 28.

Zur Erhöhung der Störsicherheit sind an jedem Rad zwei Raddrehzahlsensoren vorgesehen, wobei einer dem jeweiligen Druckregelmodul des Betriebsbremskreises und der andere dem zugeordneten Druckregelmodul des zweiten Bremskreises zugeordnet ist.



Das Fußbremsventil 61 ist mit beiden ECUs, d.h. mit den Steuerelektroniken 20, 42 verbunden, so daß eine galvanische Trennung sichergestellt ist, was Plausibilitätskontrollen ermöglicht.

Jede ECU weist eine Datenverbindung zu ihrer zugeordneten übergeordneten Steuereinheit auf, von der externe Bremsanforderungen akzeptiert werden können. Diese Datenverbindungen müssen natürlich galvanisch getrennt von den beiden Bremssteuerkreisen sein.

Die Park- bzw. Feststellbremse wird ausschließlich elektronisch durch beide unabhängigen ECUs angesteuert und direkt elektrisch durch den Fahrer, und zwar in folgender Weise. Die elektrische Betätigung der Feststellbremse durch den Fahrer geht der elektronischen Steuerung durch die beiden ECUs vor. Die Feststellbremse wird hingegen nur dann gelöst, wenn von den ECUs und vom Fahrer Lösesignale vorliegen.

Fig. 3 zeigt die Energieversorgung der Bremssteuerung der Fig. 2 in vergrößerter Darstellung. Ein Generator 93 (Lichtmaschine) erzeugt eine Spannung und ist mit dem Pluspol der Batterie 54 sowie der galvanischen Trenneinrichtung 56 (Supply Duplicator Unit) verbunden. Der Pluspol der Batterie 55 ist ebenfalls an die galvanische Trenneinrichtung angeschlossen. Die Pluspole der beiden Batterien 54, 55 sind also galvanisch getrennt. Die galvanische Trennung kann beispielsweise durch einen Konverter mit elektromagnetischer Übertragung realisiert sein.

Die Minuspole der beiden Batterien 54, 55 und der Generator 93 weisen jeweils einen gemeinsamen Masseanschluß (GND) auf. Vom Pluspol der Batterie 54 ist das Potential V1 und vom Pluspol der Batterie 55 das Potential V2 abgreifbar. Die Trenneinrichtung 56 weist ferner Überwachungselektroniken 94, 95 auf, die mit den Busleitungen VehCom1 bzw. VehCom2 verbunden sind. Die Überwachungselektroniken 94, 95 über-

wachen und steuern die Lade- bzw. Entladevorgänge und zwar so, daß die Lebensdauern der Batterien optimiert werden.

Da nicht alle elektrischen Systeme in einem Fahrzeug sicherheitsrelevant sind, brauchen auch nicht alle Systeme "doppelt vorhanden" sein. Das Energieversorgungssystem ist daher "asymmetrisch" aufgebaut.

Das Hauptsystem versorgt, d.h. beispielsweise die Batterie 54 versorgt alle Hauptverbraucher, wie z.B. Anlasser, Lichter, Antriebssteuerung, den primären elektronischen Bremssteuerkreis, den primären elektronischen Lenksteuerkreis etc. mit Strom. Das Sekundärsystem, d.h. die Batterie 55 versorgt die "nachgeordneten" Back-up-Komponenten aller sicherheitsrelevanten Systeme mit Strom, d.h. den elektronischen Back-up-Bremssteuerkreis bzw. einen elektronischen Back-up-Lenksteuerkreis.

Aufgrund der "Asymmetrie" kann die zweite Batterie eine geringere Kapazität als die erste haben bzw. es kann auch ein anderer Batterietyp verwendet werden. Die Batterien 54, 55 sind also hinsichtlich Größe, Kapazität, Lade- und Entladekurven etc. aufeinander abgestimmt.

Der Wechselstromgenerator 93 (Lichtmaschine) lädt die erste Batterie 54 und - galvanisch getrennt - auch die zweite "Back-up-Batterie" 55. Bei einer Störung in einem Versorgungskreis stellt die "Supply Duplicator Unit" 56 bzw. die Überwachungselektroniken die Integrität des anderen Kreises sicher.

Eine optimale Verwendung der Batterien erfordert den Batterien angepaßte Lade- und Entladeverfahren, was durch die elektronischen Steuereinrichtungen 94, 95 überwacht wird. Das Laden bzw. Entladen sollen also möglichst entsprechend vorgegebenen "Lade- bzw. Entladekurven" erfolgen. Die elektronischen Steuereinrichtungen 94, 95 dienen also als "intel-

ligente Lade- bzw. Entladesteuereinrichtungen".

Da bei einer voll elektronischen Steuerung sicherheitsrelevanter Systeme der Batteriezustand eine sehr wichtige Information darstellt, weist die Trenneinrichtung 56 zwei galvanisch getrennte Datenverbindungen (nicht dargestellt) auf, über die Batteriezustandssignale übertragen werden.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Ausführungsbeispiel des Feststellbremsventils 32. Es besteht aus zwei Funktionsventilen FV1, FV2, zwei Sperrventilen LV1, LV2, zwei Drucksensoren PS1, PS2 und zwei Trailer-Check-Ventilen TC1, TC2. Die Ventile FV1 und LV2 schalten den oberen Luftpfad des Feststellbremsventils 32, die Ventile FV2 und LV1 den unteren Luftpfad. Die Ventile FV1 und LV1 werden von der ersten Steuerelektronik 20 gesteuert, die Ventile FV2 und LV2 von der Steuerelektronik 42. Im Normalfall steuern die Funktionsventile FV1, FV2 die Funktion der Feststellbremse. Im Fehlerfall eines Funktionsventils (z.B. FV2) wird das zugehörige Sperrventil LV1 den fehlerhaften Luftpfad sperren.

Ein Relaisventil RV ist ein Leistungsventil und wird von den Ventilen FV1, FV2, LV1, LV2 gesteuert, da diese nicht in der Lage sind, die Federspeicherbremszylinder 23, 24 genügend schnell zu betätigen.

Die Trailer-Check-Ventile TC1, TC2 sind für die Überprüfung der Federspeicherbremswirkung zuständig.

Wenn das Funktionsventil FV1 oder dessen Steuerung einen Fehler aufweist, wird das Sperrventil LV2 betätigt und somit der obere Luftpfad gesperrt. In diesem Fall ist eine einwandfreie Funktion weiterhin durch das Funktionsventil FV2 und das Sperrventil LV1 gesichert.

Wenn das Sperrventil LV2 oder dessen Steuerung einen Fehler

aufweist, dann müssen weiterhin beide Funktionsventile FV1, FV2 angesteuert werden, und so wird eine einwandfreie Funktion weiterhin aufrecht erhalten.

Zur Fehlererkennung in der Feststellbremsanlage werden zwei Drucksensoren PS1, PS2 eingesetzt, welche in den Schaltsequenzen der Funktionsventile FV1, FV2 und Sperrventile LV1, LV2 abgefragt werden.

Bei Ausfall aller elektrischen Versorgungsspannungen wird das Feststellbremsventil 32 bremsen.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung vernetzter elektronischer Steuersysteme mit mehrfachen Redundanzebenen. Es sind nur Steuersysteme ECU\_1 bis ECU\_16 mit ihren Versorgungsleitungen und Kommunikationsverbindungen gezeigt. Die Steuersysteme sind in Systemgruppen angeordnet. ECU\_1 bis ECU\_5 sind die Grundsysteme, wie z.B. Bremse, Lenkung, Fahrzeugdynamik, Motorsteuerung, Getriebesteuerung, usw. Diese Systeme werden von einem Stromgenerator G über eine Versorgungsleitung V\_1 versorgt. Der zugehörige Energiespeicher ist eine Batterie BATT\_1. Die nächste Gruppe wird durch die Steuersysteme ECU\_6 bis ECU\_8 gebildet, welche auch von dem Stromgenerator G versorgt wird. Jedoch befindet sich in der Versorgungsleitung ein Umwandler TR\_1, an welchem eine Versorgungsleitung V\_2 angeschlossen ist. Die Gruppe der Steuersysteme ECU\_6 bis ECU\_8 sind die sicherheitskritischsten redundanten Paare der Steuersysteme ECU\_1 bis ECU\_5 (z.B. Bremse 2, Lenkung 2, Fahrzeugdynamik 2).

Auch die Kommunikationsleitungen der Steuersysteme untereinander sind durch Umwandler getrennt. So besteht eine Kommunikationsverbindung beispielsweise zwischen den Steuersystemen ECU\_1 bis ECU\_8 durch die Kommunikationsleitung COM\_1, welche durch den Umwandler TR\_1 mit einer Kommunikationsleitung COM\_2 der Steuersysteme ECU\_6 bis ECU\_8 verbunden ist.

Fig. 5 stellt eine vierfache Redundanz dar, bei welcher vier Umwandler TR1 bis TR4 verwendet werden.

Die Lage der Steuersysteme ECU\_15 bis ECU\_16 zeigt eine weitere Möglichkeit der Verwendung von Umwandlern. Diese Steuersysteme sind durch eine Versorgungsleitung V\_5 und eine Kommunikationsleitung COM\_5 untereinander verbunden und an den Umwandler TR\_4 angeschlossen. Der Umwandler TR\_4 bildet die Verbindung zu der Versorgungsleitung V\_3 und der Kommunikationsleitung COM\_3, welche wiederum durch einen weiteren Umwandler TR\_2 mit der Versorgungsleitung V\_1 und der Kommunikationsleitung COM\_1 in Verbindung stehen.

Die Umwandler TR\_1 bis TR\_4 bilden galvanische Trennungen zwischen den verschiedenen Redundanzebenen.



Patentansprüche

1. Bremsanlage für Fahrzeuge, insbesondere Nutzfahrzeuge, mit mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Bremskreis, die über ein Fußbremsventil (61) elektrisch ansteuerbar sind, wobei die beiden Bremskreise jeweils einen elektrischen Steuerkreis mit jeweils einer Steuerelektronik (20, 42) und einer eigenen Energieversorgungseinrichtung (54, 55) und durch die Steuerelektroniken (20, 42) ansteuerbare Bremsbetätigungseinrichtungen (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) aufweisen,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens eine Bremsbetätigungseinrichtung (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) von mehr als einer Steuerelektronik (20, 42) ansteuerbar ist.
2. Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Steuerkreise galvanisch voneinander getrennt sind.
3. Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Steuerelektronik (20) des ersten Bremskreises über eine Kommunikationsleitung (58) mit der Steuerelektronik (42) des zweiten Bremskreises verbunden ist, wobei die Kommunikationsleitung (58) eine Einrichtung (59) zur galvanischen Trennung der beiden Steuerkreise aufweist.
4. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß die beiden Steuerkreise einen gemeinsamen Masseanschluß (GND) aufweisen.

5. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Steuerelektroniken (20, 42) galvanisch getrennt mit anderen elektrischen bzw. elektronischen Fahrzeugsystemen verbunden sind.
6. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Fußbremsventil (61) zwei elektrische Bremsge-  
bereinrichtungen aufweist, die jeweils galvanisch  
getrennt mit den Steuerelektroniken (20, 42) verbunden  
sind.
7. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch  
gekennzeichnet,  
daß die beiden Energieversorgungseinrichtungen Batte-  
rien (54, 55) sind, wobei die zweite Batterie (55)  
über eine galvanische Trenneinrichtung (56) mit der  
ersten Batterie (54) verbunden bzw. über die erste  
Batterie (54) aufladbar ist.
8. Bremsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,  
daß die galvanische Trenneinrichtung (56) eine Überwa-  
chungselektronik (94, 95) aufweist, welche die Ladezu-  
stände der Batterien (54, 55) überwacht, wobei die  
Überwachungselektronik (94, 95) in einen Rückladezu-  
stand schaltbar ist, in dem die erste Batterie (54)  
durch die zweite Batterie (55) geladen wird, und  
daß die Überwachungselektronik (94, 95) die Aufladung  
der ersten Batterie (54) und/oder der zweiten Batterie  
(55) durch einen Generator (93) steuert.
9. Bremsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Überwachungselektronik (94, 95) galvanisch  
getrennt mit anderen elektrischen bzw. elektronischen  
Fahrzeugsystemen verbindbar ist, zur Übertragung des  
Ladezustandes der Batterien (54, 55).

10. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Bremsbetätigungseinrichtungen elektropneumatische Druckregelmodule (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) sind und  
daß mindestens zwei separate pneumatische Versorgungskreise zur Versorgung der Druckregelmodule (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) mit Bremsdruck vorgesehen sind.
11. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Versorgungskreise jeweils einer Fahrzeugachse bzw. einer Achsgruppe zugeordnet sind.
12. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet,  
daß einem Bremskreis jeweils genau ein Steuerkreis und genau ein Versorgungskreis zugeordnet ist.
13. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Bremskreis den Bremsen der Vorderachse und der zweite Bremskreis den Bremsen der Hinterachse zugeordnet ist.
14. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Bremskreis ein Betriebsbremskreis ist und der zweite Bremskreis die Funktion des ersten Bremskreises im regelmäßigen Wechsel gesteuert durch die Steuerelektroniken (20, 42) übernimmt, wobei der nicht aktive Bremskreis jeweils überprüft wird und wobei die Druckregelmodule (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) jeweils über ein Hochdruckauswahlventil (75, 76, 91, 92) mit dem Betriebsbremskreis und dem Notbremskreis verbunden sind, wobei das Hochdruckauswahl-

ventil (75, 76, 91, 92) den höheren der von den beiden Bremskreisen bereitgestellten Bremsdrücke zum zugeordneten Druckregelmodul (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) durchsteuert.

15. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet,  
daß jedem der Hochdruckauswahlventile (75, 76, 91, 92) jeweils ein Druckregelmodul (11, 12, 27, 28) des Betriebsbremskreises und ein Druckregelmodul (66, 67, 71, 72) des Notbremskreises vorgeschaltet ist.
16. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Versorgungskreis durch zwei Unterversorgungskreise gebildet ist, die jeweils an einen eigenen zugeordneten Druckmittelspeicher (14, 30) angeschlossen sind, wobei der erste Unterversorgungskreis einer ersten Gruppe von Druckregelmodulen (11, 12) des ersten Bremskreises und der zweite Unterversorgungskreis einer zweiten Gruppe von Druckregelmodulen (27, 28) des ersten Bremskreises zugeordnet ist.
17. Bremsanlage nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,  
daß die beiden Unterversorgungskreise jeweils einer Achse bzw. Achsgruppe zugeordnet sind.
18. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet,  
daß der zweite Bremskreis einen eigenen Druckmittelspeicher (30) aufweist und daß alle Hochdruckauswahlventile (75, 76, 91, 92) über zugeordnete Druckregelmodule (66, 67, 71, 72) des zweiten Bremskreises mit Bremsdruck des zweiten Bremskreises beaufschlagbar sind.
19. Bremsanlage nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Parkventil (32) und ein Anhängersteuerventil (84, 85) ebenfalls an den Druckmittelspeicher (47) des zweiten Bremskreises angeschlossen sind.

20. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet,  
daß an jedes Druckregelmodul (11, 12, 27, 28, 66, 67, 71, 72) jeweils ein Raddrehzahlsensor (7, 8, 37, 38, 77-80) angeschlossen ist, wobei jedem Rad (1, 2, 21, 22) jeweils zwei Raddrehzahlsensoren (7, 77; 8, 78; 37, 79; 38, 80) zugeordnet sind.
21. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Parkventil (32) mit jeder der beiden Steuer-elektroniken (20, 42) elektrisch verbunden ist.
22. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Anhängersteuerventil (85) von beiden Steuer-elektroniken (20, 42) ansteuerbar ist, wobei eine Logikeinrichtung vorgesehen ist, die nur das Steuersig-nal durchschaltet, das zur stärkeren Verzögerung des Anhängerfahrzeugs führt.
23. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet,  
daß der zweite Bremskreis bei Ausfall des ersten Brems-kreises dessen Funktion übernimmt, und der erste Brems-kreis bei Ausfall des zweiten Bremskreises dessen Funktion übernimmt, gesteuert durch die Steuerelektro-niken (20, 42).
24. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet,  
daß eine Druckverteilungseinrichtung (48) für Ladung und Trennung der pneumatischen Kreise im Fall des



Ausfalls eines oder mehrerer pneumatischer Kreise weiterhin dem normalen Versorgungsdruck in den fehlerfreien Kreisen ermöglicht und ein elektronisches Kommunikationssystem VehCom1 angeschlossen ist.

25. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Steuerelektroniken von Bremskreisen untereinander über Kommunikationsleitungen verbunden sind, wobei die Kommunikationsleitungen Einrichtungen zur galvanischen Trennung von den Steuerkreisen aufweisen.
26. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Energieversorgungseinrichtungen der Steuerkreise Batterien sind, wobei die Batterien untereinander über galvanische Trenneinrichtungen verbunden bzw. aufladbar sind.
27. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Feststellbremsventil (32) elektropneumatische Funktionsventile (FV1, FV2), Sperrventile (LV1, LV2) und Drucksensoren (PS1, PS2) aufweist.
28. Bremsanlage nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet,  
daß durch die Sperrventile (LV1, LV2) die Steuersysteme in Bezug auf die Betätigung des Feststellbremsventils (32) einander blockiert werden.
29. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet,  
daß die galvanischen Trennungen Umwandler mit eigenen elektronischen Steuergeräten sind.
30. Bremsanlage nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Umwandler Konverter in beide Richtungen aufwei-

sen.

31. Bremsanlage nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Umwandler jeweils Kommunikationsschnittstellen aufweisen.

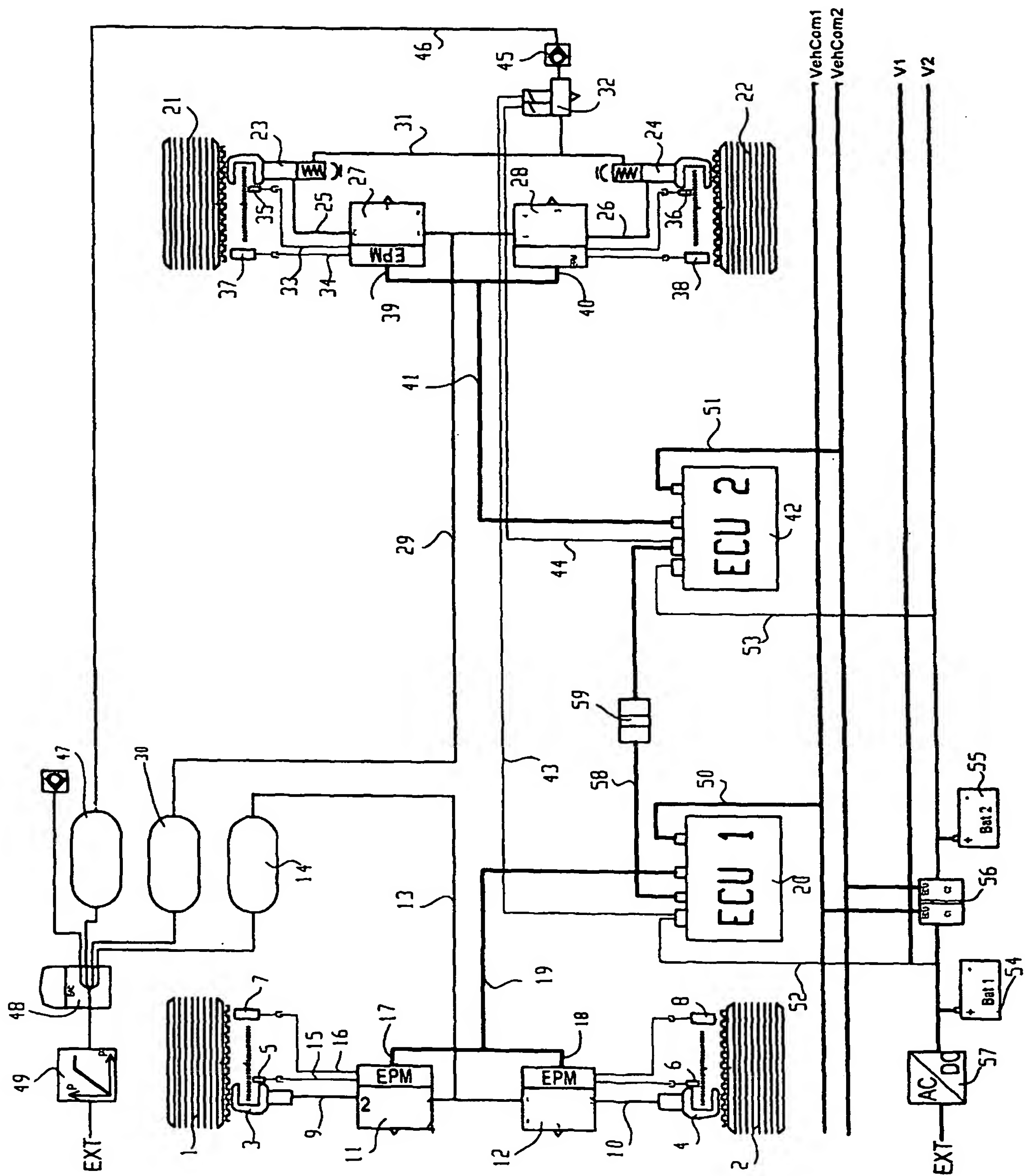


Fig. 1

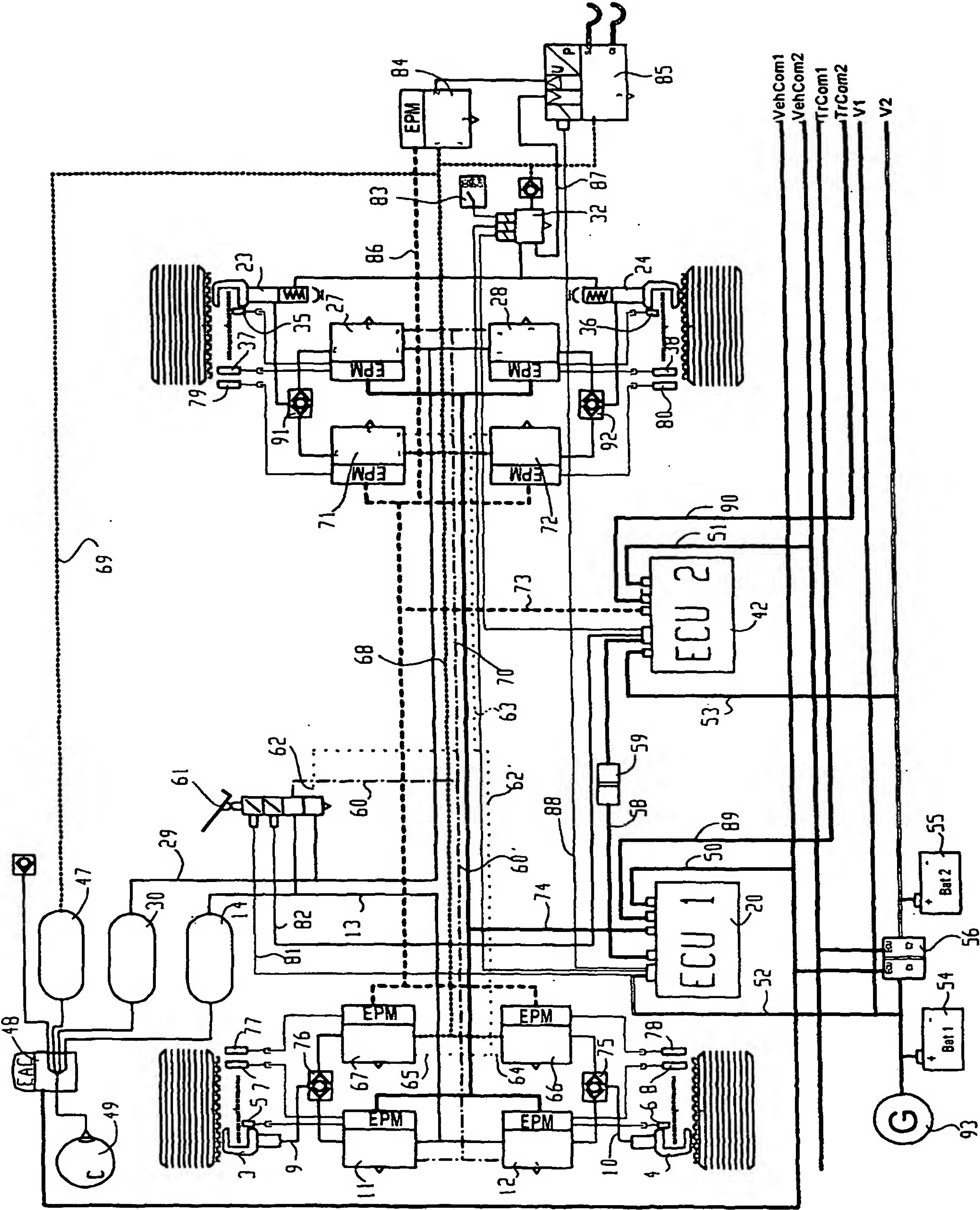


Fig. 2

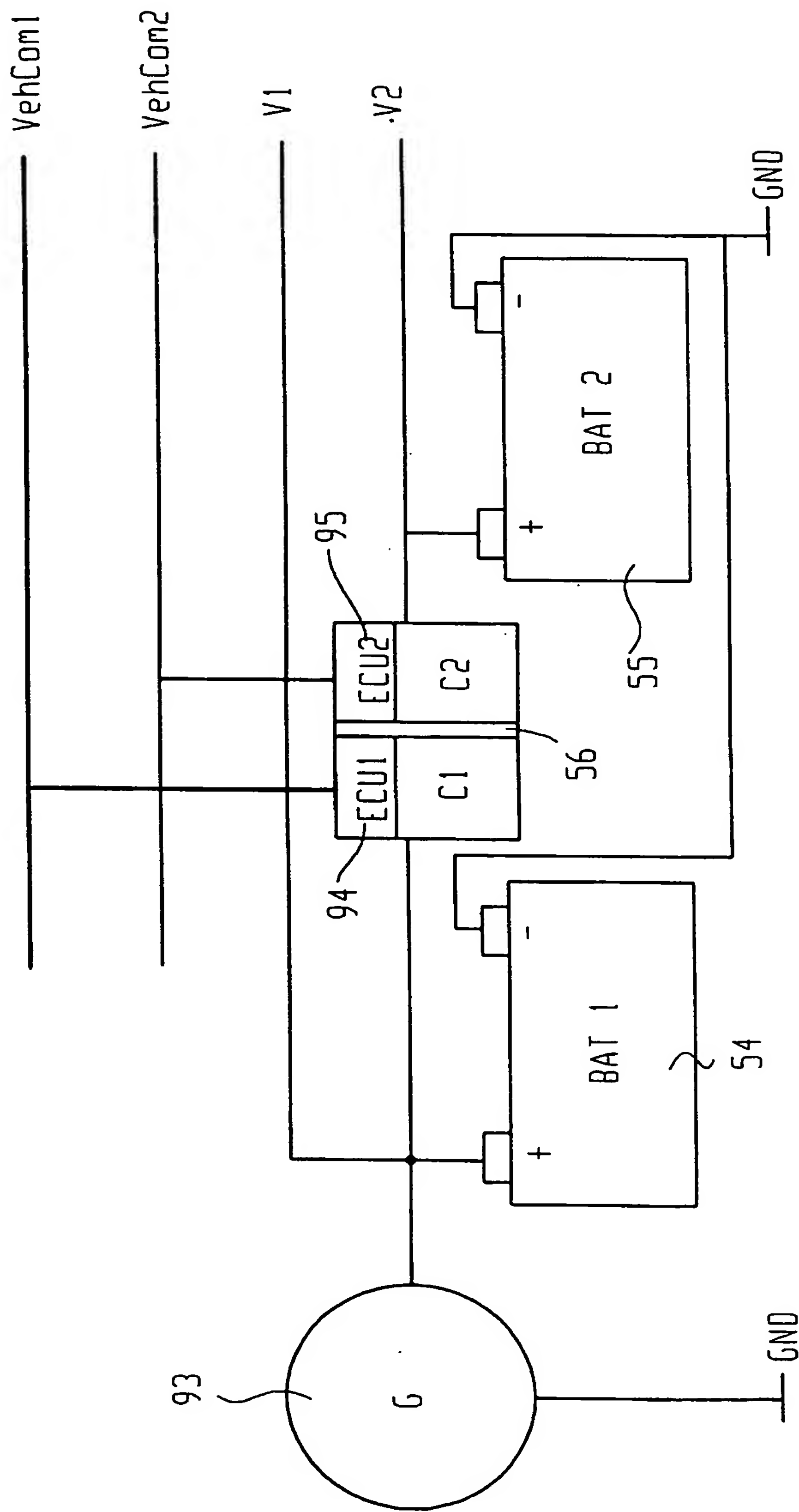


Fig. 3



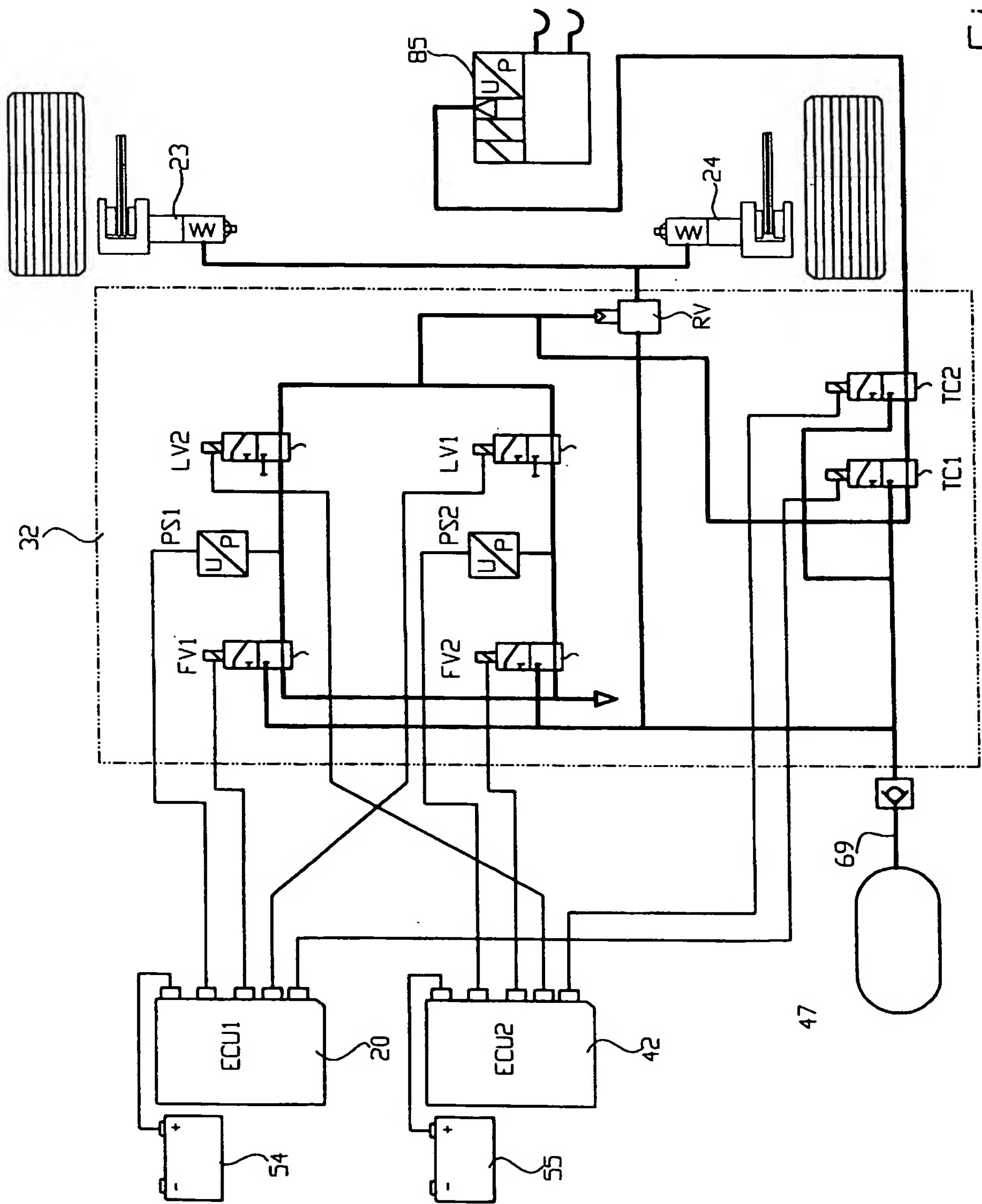


Fig. 4

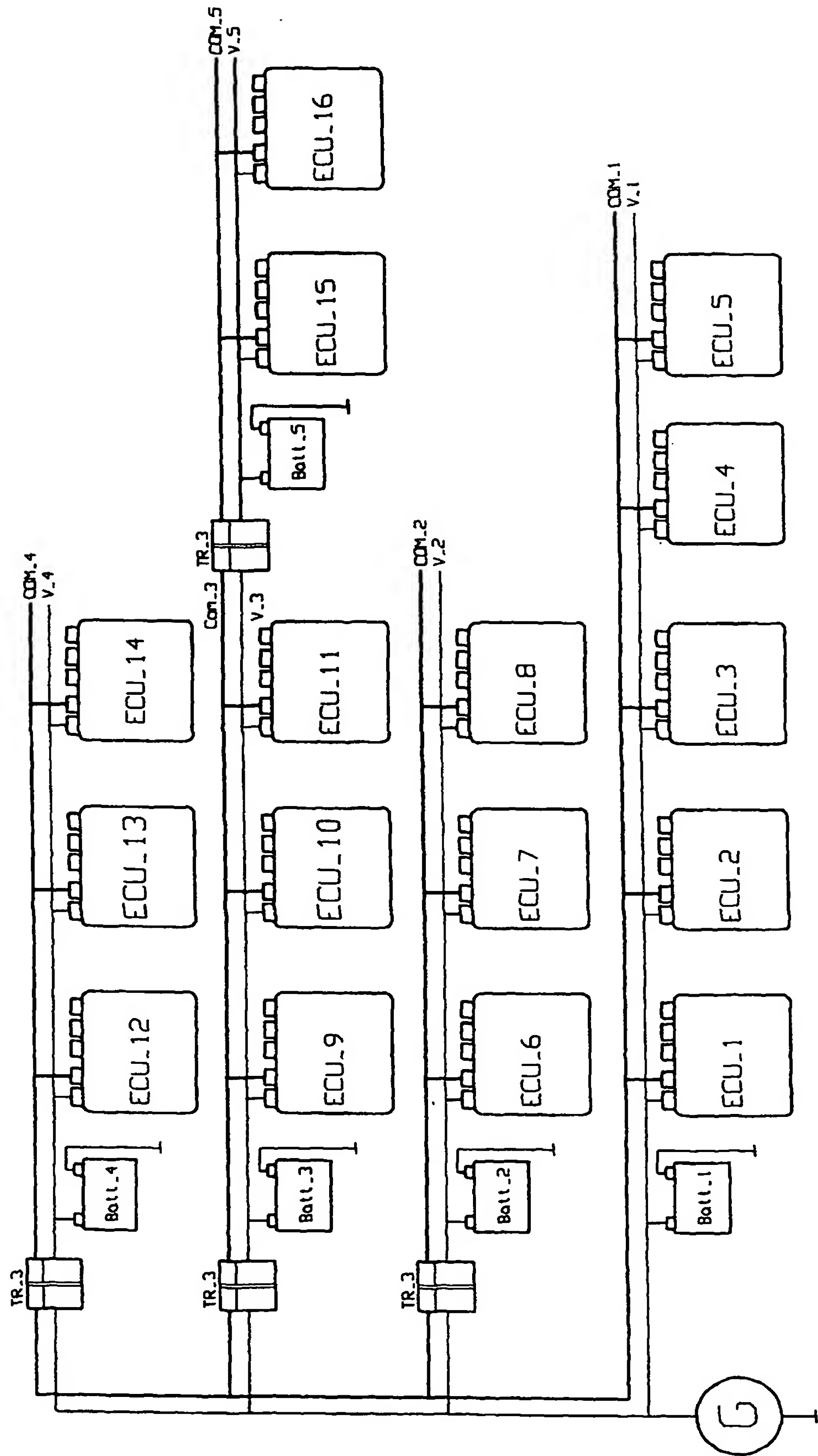


Fig. 5